

Detection of actual position of autonomous mobile robot, forklift truck etc. - measuring distances from reference surface of known location for correction and display

Veröffentlichungsnummer DE4133533

Veröffentlichungsdatum: 1993-05-06

Erfinder

Anmelder:

Klassifikation:

- Internationale: G05D1/02; G05D1/02; (IPC1-7): G01C21/04;
G05D1/02

- Europäische: G05D1/02E8

Aktenzeichen: DE19914133533 19911010

Prioritätsaktenzeichen: DE19914133533 19911010

Datenfehler hier melden**Zusammenfassung von DE4133533**

A position-coupling element (2) continuously determines the actual position of the vehicle in a plane, while a position-supporting element (3) measures its position in space w.r.t. reference points whose location at the instant of measurement is known. The position error of the vehicle is deduced from individual measurements on a surface of the reference point. The corrected position is displayed and used in e.g. control of steering. ADVANTAGE - Vehicle can range over longer distances without significant deviation of actual from desired positions.

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 41 33 533 A 1

⑤1 Int. Cl.⁵:
G 05 D 1/02
G 01 C 21/04

②1 Aktenzeichen: P 41 33 533.3
②2 Anmeldetag: 10. 10. 91
④3 Offenlegungstag: 6. 5. 93

DE 41 33 533 A 1

⑦1 Anmelder:
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung eV, 8000 München, DE

⑦4 Vertreter:
Jackisch-Kohl, A., Dipl.-Ing.; Kohl, K., Dipl.-Ing.,
Pat.-Anwälte, 7000 Stuttgart

⑦2 Erfinder:
Luz, Jochen, Dipl.-Inform., 7270 Nagold, DE;
Merklinger, Achim, Dipl.-Ing., 7000 Stuttgart, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zur Ist-Lage-Erfassung von landgebundenen Fahrzeugen, insbesondere von mobilen autonomen Robotern, von Gabelstaplern und dergleichen, und Lageerfassungssystem zur Durchführung eines solchen Verfahrens

⑤7 Bei dem Verfahren wird die Ist-Lage des Fahrzeuges während der Fahrt durch kuppelnde Verfahren erfaßt. Die odometrische Navigation führt bei der Überwindung größerer Entfernungen zu Abweichungen zwischen Ist- und Soll-Position.

Um wesentliche Abweichungen der Ist-Position von der Soll-Position beim Zurücklegen größerer Entfernungen des Fahrzeuges zu verhindern, wird eine Stützmessung durchgeführt, bei der die Abweichung der durch kuppelnde Verfahren bestimmten Ist-Lage des Fahrzeuges anhand raumfester, in der Lage bekannter Stützpunkte ermittelt wird. Aufgrund dieser Abweichungen wird die Ist-Lage korrigiert und der korrigierte Wert zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung gestellt. Infolge der Integration in bestehende Systeme ist die Loslösung von Leitspuren möglich. Dabei übernimmt das Lageerfassungsmodul die Aufgabe der bisherigen Leitspuren.

Das Verfahren und das Lageerfassungssystem ermöglichen, auch große Distanzen zwischen dem Ausgangs- und dem Zielort des Fahrzeuges ohne Leitspuren und bei Einhaltung vorgegebener Toleranzen zu überwinden.

DE 41 33 533 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ist-Lage-Erfassung von landgebundenen Fahrzeugen, insbesondere von mobilen autonomen Rechnern, von Gabelstaplern und dgl., nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie ein Lageerfassungssystem zur Durchführung eines solchen Verfahrens nach dem Oberbegriff des Anspruchs 10.

Die derzeitigen Verfahren zur Ist-Lage-Erfassung von Fahrzeugen basieren zumeist auf dem Verfolgen einer Leitspur, wobei induktive, optische Verfahren und dgl. angewendet werden. Es ist auch bekannt, die Fahrzeugposition durch digitale oder analoge Geber rein odometrisch zu erfassen. Die rein odometrische Navigation führt bei der Überwindung größerer Entfernungen sehr schnell zu nicht mehr tolerierbaren Abweichungen zwischen Ist- und Soll-Position.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das gattungsgemäße Verfahren und das gattungsgemäße Lageerfassungssystem so auszubilden, daß das Fahrzeug auch größere Entfernungen zurücklegen kann, ohne daß eine wesentliche Abweichung der Ist-Position von der Soll-Position auftritt.

Diese Aufgabe wird beim gattungsgemäßen Verfahren erfindungsgemäß mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 und beim gattungsgemäßen Lageerfassungssystem erfindungsgemäß mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 10 gelöst.

Die Lagekoppelung und die Verwendung des Lagestützungselementes erlaubt die Überwindung großer Entfernungen durch das Fahrzeug. Infolge der Integration in bestehende Systeme ist die Loslösung von Leitspuren möglich. Dabei übernimmt das Lageerfassungssystem die Aufgaben der bisherigen Leitspur. Es ist damit möglich, auch große Distanzen zwischen dem Ausgangs- und dem Zielort des Fahrzeuges ohne Leitspur zu überwinden, ohne die vorgegebenen Toleranzen der Positionsgenauigkeit zu überschreiten. Während der Fahrt wird laufend die Ist-Position gekoppelt. Je nach Länge des zurückzulegenden Weges werden ein oder mehrere Stützmessungen durchgeführt. Hierbei wird anhand raumfester, in ihrer Lage bekannter Stützpunkte die tatsächliche Lage des Fahrzeuges mit dem Lageerfassungssystem ermittelt. Die Stützmessung wird somit der laufenden gekoppelten Messung überlagert, so daß Fehler bei der gekoppelten Lageerfassung durch die Stützmessung ausgeglichen werden können. Die Stützmessung wird vorteilhaft in solchen Zeitabständen vorgenommen, daß nicht zu große Korrekturen durchgeführt werden müssen. Dadurch läßt sich eine sehr hohe Positionsgenauigkeit des Fahrzeuges erzielen, auch wenn von ihm große Strecken zurückgelegt werden müssen. Da das Lagekoppelungs- und das Lagestützungselement in einem gemeinsamen Modul zusammengefaßt sind, steht ein kompakter Sensor zur Verfügung, der in unterschiedlichste Anwendungen eingebracht werden kann. Über eine Schnittstelle stehen der nachfolgenden Anwendung die innerhalb des Moduls schon vollständig aufbereiteten Lageinformationen zur Verfügung. Darum entfallen komplexe Verknüpfungen und algorithmische Verarbeitungen der bisher zur Lagestützung und Lagekoppelung eingesetzten Sensor-komponenten. Der Engineeringaufwand beim Einsatz des erfindungsgemäßen Moduls verringert sich stark gegenüber dem konventionellen Einsatz einzelner separater Sensorkomponenten.

Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus

den weiteren Ansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen.

Die Erfindung wird anhand einiger in den Zeichnungen dargestellter Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 in einem Blockdiagramm ein erfindungsgemäßes Lageerfassungsmodul, mit dem die Position und die Orientierung eines Fahrzeuges erfaßt werden kann,

Fig. 2 in schematischer Darstellung ein Fahrzeug mit Sensoren,

Fig. 3 in schematischer Darstellung die Anordnung der Räder des Fahrzeuges gemäß Fig. 2,

Fig. 4 bis 7 einzelne Verfahren zur Bestimmung und zur Korrektur von Fehlern der Fahrzeugposition und/oder -orientierung.

Beim Betrieb von Fahrzeugen, insbesondere von automatisch, d. h. ohne Fahrer, arbeitenden Fahrzeugen, ist die kontinuierliche Kenntnis der Position und Orientierung des Fahrzeuges unerlässlich. In der im folgenden im einzelnen beschriebenen Steuerung wird die Fahrzeugposition und -orientierung durch eine Komponente bestimmt, die fahrzeuginterne Bewegungsgrößen zur Berechnung heranzieht. Diese Bewegungsgrößen sind translatorische und rotatorische Geschwindigkeiten in einer Ebene, die von Sensoren am Fahrzeug erfaßt oder bestimmt werden können. Vorteilhafterweise werden die Geschwindigkeiten bei odometrischer Meßwerterfassung, um Traktionseinflüsse zu umgehen, nicht an angetriebenen, sondern an mitlaufenden Rädern erfaßt. Die Möglichkeiten zur sensorischen Erfassung der translatorischen und rotatorischen Geschwindigkeit des Fahrzeuges reichen von inkrementellen Gebern und Tachogeneratoren, vorzugsweise an den nicht angetriebenen Rädern, über Korrelationssensoren und unterschiedlichsten Gebern zur Lenkwinkelmessung bis zum Einsatz inertialer Sensoren, vorteilhafterweise Drehraten-Sensoren oder integrierende Drehraten-Sensoren. Aus der fortlaufenden Kenntnis dieser fahrzeugeigenen Bewegungsgrößen und der bekannten Ausgangsposition und -orientierung des Fahrzeuges wird unter Berücksichtigung der evtl. vorhandenen kinematischen Kopplung dieser Größen die Position des Fahrzeuges in den drei Freiheitsgraden der Ebene berechnet. Diese drei Freiheitsgrade werden durch die X-Y-Koordinaten und die Orientierung des Fahrzeuges im Raum bestimmt. Die Anzahl der benötigten Sensoren zur Bestimmung der Position in der Ebene hängt von der Fahrzeugkinematik ab. Für zwangsgeführte Fahrzeuge, Leitspurfahr- oder Schienenfahrzeuge, reicht bei bekanntem Verlauf der Führung die Kenntnis der Länge des zurückgelegten Wegs zur Bestimmung der Position in allen drei Freiheitsgraden aus. In diesem Falle ist die Bestimmung der Lage des Fahrzeuges im Raum am einfachsten durchzuführen.

Bei zweiachsigen Fahrzeugen mit zwei zwangsgekoppelten Achsen reicht die Erfassung zweier Bewegungsgrößen, z. B. einer translatorischen und der rotatorischen Geschwindigkeit oder zweier translatorischer Geschwindigkeitskomponenten zur vollständigen Positionsbestimmung des Fahrzeuges aus. Sind die Achsen bzw. Räder des Fahrzeuges jedoch nicht zwangsgekoppelt, dann ist zur Positionsbestimmung des Fahrzeuges in der Ebene die Erfassung aller drei unabhängigen Bewegungsgrößen erforderlich.

Für die Lageerfassung des Fahrzeuges wird ein Lageerfassungsmodul 1 eingesetzt (Fig. 1), das aus zwei Hauptteilkomponenten besteht. Die eine Hauptteilkomponente ist ein Lagekoppelungselement 2 und die

andere Hauptteilkomponente ein Lagestützungselement 3. Mit dem Lagekoppelungselement wird die aktuelle Lage des Fahrzeuges in der Ebene kontinuierlich bestimmt. Mit dem Lagestützungselement 3 wird die Lage des Fahrzeuges relativ zu Stützpunkten im Raum gemessen, deren Position zum Zeitpunkt der Messung bekannt ist. Aus dieser Messung ergibt sich, ob die mit dem Lagekoppelungselement 2 ermittelte Position und Orientierung des Fahrzeuges mit der tatsächlichen Position und Orientierung übereinstimmt. Gegebenenfalls muß eine Korrektur bei der weiteren Bewegung des Fahrzeuges vorgenommen werden. Dem Lagekoppelungselement 2 ist eine Schnittstelle 4 des Lageerfassungsmoduls 1 zugeordnet, über die Signale von einer am Fahrzeug vorgesehenen Lageerfassungssensorik zugeführt werden. Diese Lageerfassungssensorik besteht aus einer sinnvollen Auswahl aus den zuvor erwähnten möglichen Sensoren. An einer weiteren Schnittstelle 5 werden vom Lagestützungselement 3 Signale und Meßwerte übertragen, die sich aufgrund einer Lagestützungsmessung an den Stützpunkten ergeben. An der Schnittstelle 6 liefert das Lagekoppelungselement 2 Ist-Wert-Signale, welche die augenblickliche Lage des Fahrzeuges kennzeichnen. Diese Ist-Wert-Signale 7 werden einem Speicher 8 oder einer Schnittstelle zugeführt. Über eine Schnittstelle 9 des Lageerfassungsmoduls 1 kann z.B. ein Regler der Fahrzeugsteuerung die Ist-Werte der Fahrzeuglage (Position und Orientierung) entnehmen und mit den Sollwerten der gewünschten Fahrzeuglage vergleichen, um mit einem Regelsignal die Fahrzeugantriebe so zu steuern, daß die gewünschte Fahrzeugbahn eingehalten werden kann.

Das Lageerfassungsmodul 1 hat schließlich eine dem Lagekoppelungselement 2 zugeordnete Schnittstelle 10, über die z.B. von oder zu einer übergeordneten (nicht dargestellten) Ablaufsteuerung Kommandos und Statusmeldungen übertragen werden.

Dem Lagestützungselement 3 ist ebenfalls eine Schnittstelle 12 des Lageerfassungsmoduls 1 zugeordnet, über die Kommandos und Statusmeldungen z. B. zu und von der Ablaufsteuerung übertragen werden. Über eine weitere Schnittstelle 13 erhält das Lagestützungselement 3 Signale vom Speicher 8. Über die Schnittstelle 14 werden die aufgrund der Stützmessung an den raumfesten Stützpunkten sich ergebenden Meßsignale der Schnittstelle 5 des Lagekoppelungselementes 2 zugeführt. Bei dieser Stützmessung kann sich ergeben, daß die Fahrzeugposition und -orientierung nicht mit der vom Lagekoppelungselement 2 ermittelten Lage übereinstimmt. Diese Differenz zwischen den beiden Signalen führt nun dazu, daß das Lagekoppelungselement 2 die vom Lagestützungselement 3 gelieferten Signale übernimmt und nach interner Verarbeitung die aktualisierte Lage über die Schnittstelle 6 dem Speicher 8 zugeführt. Damit übernimmt das Lagekoppelungselement die aufgrund der Stützmessung festgestellte aktuelle Lage des Fahrzeuges. Nunmehr kann mit den im Speicher 8 abgelegten korrigierten Werten die noch zu beschreibende Regelung des Fahrzeuges vorgenommen werden.

Das Lageerfassungsmodul 1 hat schließlich eine dem Lagestützungselement 3 zugeordnete Schnittstelle 15, über die Signale mit der Umgebungssensorik bei der Stützmessung ausgetauscht werden können.

Wie Fig. 3 zeigt, ist das Fahrzeug 16 im Ausführungsbeispiel als Dreiradfahrzeug ausgebildet. Es hat ein vorderes gelenktes und angetriebenes Rad 17, ein mit Abstand dahinter liegendes geschlepptes Hinterrad 18, das in Form einer Bockrolle ausgebildet ist, sowie an den

Fahrzeugecken insgesamt vier frei drehbare Schwenkrollen 19 bis 22. Zur Lagekoppelung, d.h. zur Bestimmung der Lage des Fahrzeuges 16 in der Ebene, ist am geschleppten Hinterrad 18 ein (nicht dargestelltes) Odometer (Inkrementgeber) vorgesehen, das den zurückgelegten Weg des Fahrzeuges 16 ermittelt und entsprechende Signale über die Schnittstelle 4 dem Lagekoppelungselement 2 zuführt. Um die Fahrzeugorientierung zu ermitteln, ist fahrzeugseitig ein (nicht dargestellter) Wendekreisler vorgesehen, der die Fahrzeugdrehrate feststellt und entsprechende Signale über die Schnittstelle 4 dem Lagekoppelungselement 2 zuführt. Aus den Signalen des Odometers und des Wendekreislers kann somit die Ist-Lage des Fahrzeuges 16 im Lagekoppelungselement 2 ermittelt werden. Das entsprechende Ist-Wert-Signal 7 wird über die Schnittstelle 6 dem Speicher 8 zugeführt.

Während der Fahrt von einem Ausgangspunkt zu einem vorgegebenen Zielpunkt werden an bestimmten Positionen während des Fahrweges die schon erwähnten Stützmessungen durchgeführt. Dabei wird festgestellt, ob die vom Lagekoppelungselement 2 ermittelte Ist-Position und Ist-Orientierung mit der tatsächlichen Lage übereinstimmt. Für diese Stützmessung werden in noch zu beschreibender Weise Referenzpunkte herangezogen, deren Lage im Raum genau bekannt ist. Bei diesen Stützmessungen läßt sich somit sehr einfach überprüfen, ob die vom Lagekoppelungselement 2 ermittelte Ist-Position und Ist-Orientierung mit der tatsächlichen Lage übereinstimmt. Für diese Stützmessung ist das Fahrzeug 16 mit wenigstens einem Sensor 23 (Fig. 2) versehen, der im Ausführungsbeispiel ein Ultraschall-Sensor ist. Das Fahrzeug 16 kann auch zwei solcher Sensoren 23 aufweisen. Da die raumfesten Stützpunkte in Fahrtrichtung F des Fahrzeuges sowohl rechts als auch links vom Fahrweg liegen können, sind solche Sensoren 23 an der rechten und an der linken Fahrzeuglängsseite vorgesehen. Die Sensoren 23 können auch Infrarotsensoren sein. Da Infrarotsensoren einen sehr scharf gebündelten Meßstrahl erzeugen, werden sie dort eingesetzt, wo nur sehr kleine Meßflächen zur Verfügung stehen. Für größere Meßflächen reicht die Verwendung von Ultraschallsensoren 23 aus, die einen breiteren Meßstrahl erzeugen. Die Meßsignale der Sensoren 23 werden über die Schnittstelle 15 dem Lagestützungselement 3 zugeführt, das aufgrund dieser Signale die Abweichung der vom Lagekoppelungselement 2 bestimmten Lage von der tatsächlichen Lage des Fahrzeuges 16 ermittelt und über die Schnittstelle 14 der Schnittstelle 5 des Lagekoppelungselementes 2 zugeführt.

Die Stützmessung ist erforderlich, weil die Berechnung der Ist-Lage durch das Lagekoppelungselement 2 fehlerhaft ist, die dazu führt, daß die berechnete Ist-Lage nicht mehr mit der tatsächlichen Ist-Lage des Fahrzeuges übereinstimmt. Solche Abweichungen, die mit zunehmendem Fahrweg größer werden, sind u. a. auf Meßungenauigkeiten der Sensoren zurückzuführen. Mit der Stützmessung kann an vorgegebenen Stellen während des Fahrweges die Lage des Fahrzeuges 16 sehr einfach festgestellt werden. Beim weiteren Fahren wird dann eine entsprechende Korrektur über den Regler vorgenommen, der den Antrieb des Fahrzeuges 16 so regelt, daß es wieder auf den Soll-Fahrweg zurückgeführt wird.

Mit dem Lagekoppelungselement 2 wird die jeweilige Lage des Fahrzeuges 16 bestimmt. Anstelle des am geschleppten Hinterrad 18 vorgesehenen Wegmessers

(Odometer) kann auch am Fahrzeug ein Meßrad vorgesehen sein, mit dem sich ebenfalls der Fahrweg des Fahrzeuges 16 ermitteln läßt. Anstelle des Wendekreisels kann auch beispielsweise ein Lenkwinkelpotentiometer für das gelenkte Vorderrad 17 vorgesehen sein. Auch mit ihm läßt sich eine Richtungsänderung des Fahrzeuges 16 exakt erfassen.

Die Meßwerte aller für die Lagekoppelung einsetzbaren Sensoren werden für die Berechnung der Ist-Lage des Fahrzeuges 16 zunächst aufbereitet. Dies erfolgt mittels eines im Lagekoppelungselement 2 vorhandenen Fehlermodells der Sensoren, mit dem beispielsweise die Rohdaten skaliert, gegebenenfalls linearisiert und Umwelteinflüsse berücksichtigt werden, wie z. B. die Temperatur, der Luftdruck, die Höhe über dem Meeresspiegel und dgl. Die auf diese Weise vorverarbeiteten Sensordaten werden anschließend zeitdiskret integriert und somit Änderungen der Fahrzeuglage berechnet. Die Berechnungsmethoden richten sich nach dem zugrundeliegenden kinematischen Fahrzeugmodell. Die momentane Fahrzeuglage ergibt sich als Summe aller berechneten Positionsänderungen und der Anfangsbedingungen, d. h. der Position und Orientierung des Fahrzeuges im Raum am Startpunkt.

Aus dieser Fahrzeuglage wird anschließend die Position der für die Steuerung relevanten Fahrzeugbezugspunkte berechnet, in das von der Steuerung vorgegebene Koordinatensystem transformiert und zusammen mit den zugehörigen Gütewerten (mögliche kumulierte Fehler der drei Komponenten der Fahrzeuglage) zur weiteren Verarbeitung bereitgestellt.

Zur Vereinfachung der Einbindung der Komponente in eine vorhandene Steuerung können Initialisierungsdaten 11, wie die Daten der Ausgangslage des Fahrzeuges 16 als Anfangswerte für die weitere Integration, an die Lagekoppelungskomponente 2 über die Schnittstelle 10 übergeben werden. Abhängig von der Güte der verwendeten Sensoren und den Einsatzbedingungen des Fahrzeuges 16 ist die berechnete Fahrzeuglage in der beschriebenen Weise mit kumulierenden Fehlern behaftet. Infolge dieser Kumulation nimmt die Fehlergröße mit zurückgelegtem Fahrweg zu. Zur Kompensation dieser Fehler im Lagekoppelungselement 2 liefert die Stützmessung an vorgegebenen Stützpunkten Differenzen zwischen der mitgekoppelten und der sensorisch gemessenen Lage sowie evtl. benötigte Steuersequenzen, die eine Aktualisierung durch das Lagekoppelungselement 2 der im Fehlermodell abgelegten Parameter erlauben. Dies führt beispielsweise dazu, daß aufgrund der Signale des Lagestützungselementes 3, die von den Ist-Wert-Signalen 7 abweichen, das Lagekoppelungselement 2 nunmehr ein entsprechend korrigiertes Signal an den Speicher 8 liefert. Dieses korrigierte Signal wird vom Lagekoppelungselement 2 für die weitergehende Integration übernommen.

Das im Lagekoppelungselement 2 vorhandene Fehlermodell stellt diejenigen Parameter zur Verfügung, welche das Lagekoppelungselement zur Berechnung der physikalischen Größen aus den an der Schnittstelle 4 übergebenen Sensorsignalen benötigt. So liefern Sensoren beispielsweise Signale in Form einer Spannung, die beispielsweise in eine Drehrate des Fahrzeuges umgewandelt werden müssen. Die hierzu benötigten Parameter sind im Lagekoppelungselement 2 in Form des Fehlermodells gespeichert. Diese Technologiedaten sind sensorabhängig und werden je nach benutztem Meßgeber gewählt. Diese verschiedenen Parameter können im Fehlermodell des Lagekoppelungselementes

2 gespeichert sein, können aber im Bedarfsfalle auch bei Änderung des jeweiligen Meßgebers in das Fehlermodell des Lagekoppelungselementes 2 eingegeben werden.

Im kinematischen Modell des Lagekoppelungselementes 2 sind weiterhin Parameter gespeichert, welche zur Berechnung der Fahrzeugposition aus den sensorisch gemessenen Bewegungsgrößen benötigt werden. Diese Parameter sind fahrwerksabhängig und berücksichtigen sowohl das jeweilige Fahrwerkskonzept als auch die beim jeweiligen Fahrwerkskonzept vorliegenden geometrischen Größen. Unter Fahrwerkskonzept ist z. B. zu verstehen, ob das Fahrzeug 16 z. B. ein Dreiradfahrrad, ein Differentialfahrzeug, ein Koordinatenfahrzeug oder dgl. besitzt. Je nach diesem Fahrwerkskonzept sind unterschiedliche geometrische Größen des Fahrzeuges 16 zu berücksichtigen, anhand derer die Fahrzeugposition aus den sensorisch gemessenen Bewegungsgrößen berechnet werden kann. Derartige geometrische Größen sind z. B. der Achsabstand des Fahrzeuges 16, der Radstand, die Radbreite und dgl. Diese verschiedenen Parameter werden je nach Fahrwerkskonzept ausgewählt und sind notwendig, um zusammen mit den sensorisch gemessenen Bewegungsgrößen die Fahrzeuglage zu bestimmen.

Mit dem Lagestützungselement 3 werden zeitlich kumulierte Fehler, die bei der Messung mittels des Lagekoppelungselementes 2 auftreten, kompensiert. Hierzu werden Stützmessungen vorgenommen, bei denen das Fahrzeug relativ zu zum Zeitpunkt der Messung in ihrer Position bekannten Stützpunkten vermessen wird. Hierbei wird, ausgehend von der mitgekoppelten Momentanposition, der Ort, an dem zu messen ist, entweder bestimmt oder vom übergeordneten System, z. B. der Ablaufsteuerung, über die Schnittstelle 12 übernommen. Das Meßergebnis in Verbindung mit der Kenntnis der Stützpunktlage und der Anbaulage der Sensoren 23 am Fahrzeug 16 ermöglicht die Berechnung der Lageabweichung (Positionsablage) des Fahrzeuges von der durch das Lagekoppelungselement 2 berechneten Fahrzeuglage. Diese Positionsablage wird von der Schnittstelle 14 (Fig. 1) an die Schnittstelle 5 des Lagekoppelungselementes 2 übergeben. Hierbei werden auch Steuerkommandos übertragen, welche die Art der Stützmessung kennzeichnen.

Die Aktivierung der Stützmessung kann auf verschiedene Arten erfolgen. Das Lagestützungselement 3 kann vom übergeordneten System, z. B. der Ablaufsteuerung, ein Signal zum Start der Messung erhalten. Im Gegensatz dazu ist es auch denkbar, daß das Lagestützungselement 3 die Stützmessungen aufgrund der über die Schnittstelle 13 aus dem Speicher 8 zur Verfügung stehenden Informationen über die Fahrzeuglage und deren Gütewerte in Kombination mit den im Stützmodell abgelegten Daten der Umgebung völlig selbständig durchführt.

Die Häufigkeit der Stützmessungen ist anwendungsabhängig und kann variieren vom völligen Verzicht auf Stützmessungen bis zur kontinuierlichen Durchführung von Stützmessungen.

Auch das Lagestützungselement 3 beinhaltet ein Fehlermodell, in dem Parameter gespeichert sind, die die Umrechnung der sensorisch ermittelten Meßdaten in physikalische Größen ermöglichen. Außerdem sind im Fehlermodell des Lagestützungselementes 3 zumindest die Daten abgelegt, mit denen die verwendeten Sensoren 23 beschrieben werden. So sind Daten gespeichert hinsichtlich der Anbaulage des oder der Sensoren 23 am

Fahrzeug 16, der Meßrichtung, der Parameter für die Ansteuerung der Meßcharakteristik und dgl.

Im einfachsten Fall wird eine Stützmessung dadurch ausgelöst, daß das Lagestützungselement 3 über die Schnittstelle 12 Signalkommandos von der übergeordneten Ablaufsteuerung erhält. Diese Verfahrensweise setzt aber die Kenntnis der Lage des Stützpunktes und des Meßzeitpunktes durch die Ablaufsteuerung voraus. Das andere Extrem ist ein völlig autonom arbeitendes Lagestützungselement 3. In diesem Falle sind die gesamten oder alle für die Stützmessung relevanten Informationen im Stützmodell des Lagestützungselementes 3 enthalten. Unter anderem wird die Art des Stützmeßverfahrens und der Ort, an dem dieses Verfahren angewendet wird, sowie die dabei zu benutzenden Sensoren automatisch vom Lagestützungselement 3 festgelegt. Ein Beispiel einer sinnvollen Variante innerhalb dieser Bandbreite der möglichen Lösungen ist die Übergabe einer geometrischen Beschreibung des Stützpunktes und der geplanten Bewegungsbahn des Fahrzeuges an das Stützmodell des Lagestützungselementes 3. So kann als Referenz am Stützpunkt z. B. eine Kante oder eine Fläche herangezogen werden. Dies ist davon abhängig, welche Sensoren für die Stützmessung herangezogen werden. Als Stützpunkt können alle innerhalb des Raumes, in dem sich das Fahrzeug 16 bewegt, befindlichen Einrichtungen herangezogen werden, die für die eingesetzte Sensorik geeignete Merkmale aufweisen, die für die Stützmessung herangezogen werden können. Befindet sich das Fahrzeug 16 beispielsweise innerhalb einer Lagerhalle mit Regalen, Türen, Maschinen und dgl., dann können beispielsweise für die Stützmessung Flächen oder Kanten der Maschinen, Türkantenöffnungen oder die vertikalen Ständer der Regale herangezogen werden. Bei diesen Referenzpunkten handelt es sich um ortsfeste Bezugspunkte, deren Lage exakt festgelegt wird und anhand derer mittels des Lagestützungselementes 3 die tatsächliche Lage des Fahrzeuges 16 im Raum genau festgestellt werden kann.

Im folgenden wird nun anhand der Fig. 4 bis 7 im einzelnen erläutert, wie die Abweichungen des Fahrzeuges 16 mittels der Stützmessung ermittelt werden können.

Während der Fahrt des Fahrzeuges 16 wird durch das Lagekoppelungselement 2 ständig die Fahrzeugposition und -orientierung berechnet. Hierbei kommt es aber, wie oben beschrieben, zu unvermeidlichen Fehlern, so daß sich das Fahrzeug 16 nach einer bestimmten Fahrstrecke trotz kontinuierlicher Berechnung der Fahrzeuglage durch das Lagekoppelungselement 2 nicht auf der Soll-Bahn 24 (Fig. 4) befindet, sondern auf einer davon abweichenden Ist-Bahn 25. Wie Fig. 4 beispielhaft zeigt, stimmt zwar die Orientierung des Fahrzeuges 16, nicht jedoch dessen Position. Das Fahrzeug 16 befindet sich lateral translatorisch versetzt zur Soll-Bahn 24. Sobald nun das Fahrzeug 16 in Höhe eines Stützpunktes 26 gelangt, erfolgt eine Stützmessung. Der Stützpunkt 26 wird im Ausführungsbeispiel nach Fig. 4 durch eine Fläche gebildet, die beispielsweise die Vorderseite einer Maschine, die Vorderseite eines Schrankes oder dgl. sein kann. Entscheidend für den Stützpunkt 26 ist, daß seine Lage im Raum genau bekannt ist. Der Stützpunkt 26 stellt somit einen Bezugspunkt dar, anhand dessen die Abweichung der Lage des Fahrzeuges 16 von der durch das Lagekoppelungselement 2 berechneten Bahn, die in erster Näherung mit der Sollbahn 24 übereinstimmt, berechnet werden kann. Sobald das Fahrzeug 16 seitlich neben dem Stützpunkt 26 sich befindet, wird die

Stützmessung durchgeführt. Hierbei kann das Fahrzeug 16 in der beschriebenen Weise ein entsprechendes Signalkommando von der Ablaufsteuerung erhalten, das über die Schnittstelle 12 dem Lagestützungselement 3 zugeführt wird. Arbeitet das Lagestützungselement 3 vollautomatisch, dann wird zum ersten Mal dann gemessen, wenn aufgrund der vom Lagekoppelungselement 2 berechneten Ist-Bahn davon auszugehen ist, daß das Meßsignal des Sensors 23 auf den Stützpunkt 26 trifft und dort reflektiert wird. Die Messung erfolgt während der Fahrt des Fahrzeuges 16 in Fahrtrichtung F. Da der Stützpunkt 26 eine in Fahrtrichtung sich erstreckende Fläche ist, können mehrere Messungen an diesem Stützpunkt 26 durchgeführt werden. Aufgrund des gemessenen seitlichen Abstandes zwischen dem Sensor 23 und damit dem Fahrzeug 16 und dem Stützpunkt 26 läßt sich einfach feststellen, daß sich das Fahrzeug 16 nicht auf der Soll-Bahn 24, sondern auf der parallel dazu versetzten Ist-Bahn 25 befindet. Das Lagestützungselement 3 erhält über die Schnittstelle 15 (Fig. 1) entsprechende Signale vom Sensor 23, die zur Berechnung der Lageabweichung des Fahrzeuges 16 herangezogen werden. Das Lagestützungselement 3 gibt dann über die Schnittstelle 14 entsprechende Signale an die Schnittstelle 5 des Lagekoppelungselementes 2, wodurch dessen mitgekoppelte, bislang berechnete Meßwerte durch die vom Lagestützungselement 3 kommenden Werte korrigiert werden. Der Speicher 8 erhält dann entsprechend korrigierte Ist-Wert-Signale 7, die im (nicht dargestellten) Fahrzeugregler mit den vorgegebenen Sollwerten verglichen werden können. Da sie im Falle der Fig. 4 nicht übereinstimmen, führt der (nicht dargestellte) Regler das Fahrzeug 16 wieder auf die Soll-Bahn 24 bei der weiteren Fahrt zurück. Dies ist in Fig. 4 durch einen entsprechenden Verlauf der Ist-Bahn 25 gekennzeichnet. Nach der Stützmessung erfolgt somit eine Korrektur der Position des Fahrzeuges 16 in der Weise, daß es sich wieder auf der Soll-Bahn 24 bewegt.

Je nach Entfernung des Zielortes kann dann nach einer bestimmten Zeit oder einer bestimmten Fahrstrecke eine erneute Stützmessung durchgeführt werden. Auf diese Weise wird die vom Lagekoppelungselement 2 ständig berechnete Positionierung und Orientierung des Fahrzeuges 16 überprüft und gegebenenfalls korrigiert.

Fig. 5 zeigt nun den Fall, daß das Fahrzeug 16 nicht nur in der Position, sondern auch in der Orientierung von der Soll-Bahn 24 abweicht. Die Positionsabweichung des Fahrzeuges 16 wird wiederum aus einzelnen Messungen mit Hilfe des Stützpunktes 26 in der beschriebenen Weise berechnet. Der Stützpunkt 26 wird im Ausführungsbeispiel wiederum durch eine Fläche gebildet, an der während der Fahrt des Fahrzeuges 16 einzelne Messungen mittels des Sensors 23 durchgeführt werden. Die Orientierung des Fahrzeuges 16 wird aus der Differenz einer quasi gleichzeitigen Messung mit einem zweiten Sensor 23 gewonnen. Er ist zum ersten Sensor in einem bestimmten Abstand in Fahrzeuglängsrichtung vorgesehen und mißt auf die gleiche Referenzfläche. Der Abstand a zwischen diesen beiden Sensoren 23, in Fahrzeuglängsrichtung gemessen, bildet die Meßbasis. Zusammen mit der Meßgenauigkeit der Sensoren 23 ist dieser Abstand a maßgebend für die Qualität der Winkelmessung. Aus dem Abstand a und dem unterschiedlichen Abstand der beiden Sensoren 23 zur Referenzfläche 26 läßt sich in einfacher Weise die Abweichung der Winkellage des Fahrzeuges 16 zur Soll-Bahn 24, also die Orientierungsabweichung des Fahrzeuges, berechnen. Die Schnittstelle 15 (Fig. 1) des La-

gestützungs-elementes 3 erhält somit Meßdaten, die die beiden Abstände der Sensoren 23 des Fahrzeuges 16 zur Referenzfläche kennzeichnen. Aus diesen Meßwerten berechnet das Lagestützungselement 3 die Positionierungs- und Orientierungsabweichung des Fahrzeuges 16 und liefert über die Schnittstelle 14 entsprechende Signale an die Schnittstelle 5 des Lagekoppelungselementes 2. Die so übermittelten Werte werden vom Lagekoppelungselement 2 übernommen und zur Berechnung der neuen Ist-Wert-Signale benutzt, die dem Speicher 8 zugeführt werden. Aufgrund der Abweichung des Fahrzeuges 16 sowohl hinsichtlich der Position als auch hinsichtlich der Orientierung gibt der Regler das entsprechende Regelsignal an die Antriebe des Fahrzeuges 16 weiter. Im Ausführungsbeispiel wird das angetriebene Vorderrad 17 so eingeschlagen, daß es auf der mit einer ausgezeichneten Linie angedeuteten Ist-Bahn 25 nach der Stützmessung allmählich wieder auf die Soll-Bahn 24 zurückgeführt wird. Auch in diesem Falle können je nach Entfernung zum Zielort noch eine oder mehrere Stützmessungen in der beschriebenen Weise durchgeführt werden.

In Fig. 6 ist eine zweite Möglichkeit dargestellt, wie die Positions- und die Orientierungsabweichung des Fahrzeuges 16 anhand von Stützmessungen bestimmt werden können. Die Abweichung des Fahrzeuges wird zunächst in gleicher Weise, wie unter Fig. 5 beschrieben, am Stützpunkt 26 ermittelt. Es erfolgt danach in einem zeitlichen und damit örtlichen Abstand eine zweite Messung auf den Stützpunkt 26a. Bei dieser zweiten Messung kann auf einen zweiten Sensor verzichtet werden. In diesem Falle dient der zurückgelegte Weg zwischen zwei Messungen als Meßbasis die dabei wesentlich größer sein kann als der Abstand zwischen zwei in Fahrzeuglängsrichtung hintereinander angeordneten Sensor (Fig. 5). Die Messung der Orientierungsabweichung des Fahrzeuges kann darum mit einer höheren Genauigkeit vorgenommen werden.

Allerdings muß eine ausreichende Richtungsstabilität des Fahrzeuges 16 zwischen den beiden Messungen vorausgesetzt werden.

Das Fahrzeug 16 wird nach der ersten Messung am Stützpunkt 26 längs der mit einer ausgezogenen Linie dargestellten Ist-Bahn 25 grob auf die mit einer gestrichelten Linie gekennzeichnete Soll-Bahn 24 zurückgeführt. Nach einem gewissen zeitlichen und somit örtlichen Abstand erfolgt die zweite Messung am zweiten Stützpunkt 26a. Bei der Darstellung gemäß Fig. 6 ist angenommen worden, daß das Fahrzeug 16 nach der ersten Korrektur mit Hilfe des Stützpunktes 26 noch nicht vollständig auf die Soll-Bahn 24 zurückgeführt worden ist, sondern hinsichtlich der Orientierung noch Abweichungen von der Soll-Bahn aufweist. Diese Abweichungen sind allerdings aufgrund der ersten Korrektur wesentlich geringer als zum Zeitpunkt der ersten Messung am Stützpunkt 26. Am zweiten Stützpunkt 26a wird nun mit dem Sensor 23 eine zweite Messung durchgeführt. Auf die Verwendung des zweiten Sensors kann verzichtet werden, weil als Meßbasis der zwischen der ersten und der zweiten Messung zurückgelegte Weg des Fahrzeuges 16 verwendet wird. Die bei der zweiten Stützmessung erhaltenen Meßwerte werden über die Schnittstelle 15 dem Lagestützungselement 3 zugeführt, das hieraus die Lageabweichung des Fahrzeuges 16 berechnet und über die Schnittstelle 14 der Schnittstelle 5 des Lagekoppelungselementes 2 zuführt. Es benutzt diese Werte zur Korrektur der mitgekoppelten Ist-Werte und führt diese dem Speicher 8 zu. Der Regler gibt

aufgrund des Soll-Ist-Vergleiches unter Berücksichtigung des Inhaltes des Speichers 8 ein entsprechendes Regelsignal 9 an die Antriebe des Fahrzeuges 16, so daß es längs der mit ausgezogener Linie dargestellten Ist-Bahn 25 wieder auf die Soll-Bahn 24 zurückgeführt wird. Ohne die zweite Korrektur würde das Fahrzeug 16 längs der Linie 25a weiterfahren. Aufgrund der zweiten Korrektur wird jedoch die Ist-Bahn 25 wieder auf die Soll-Bahn 24 zurückgeführt.

Ist bei der Verfahrensweise gemäß Fig. 6 die Referenzfläche 26 ausreichend lang, dann reicht auch nur diese eine Referenzfläche als Stützpunkt aus, um die beiden zeitlich versetzten und damit örtlich mit Abstand voneinander liegenden Messungen durchzuführen.

Es ist bekannt, daß Sensoren ein sogenanntes Driftverhalten haben, d. h. die mathematische Modellierung des Sensorverhaltens bei der Umwandlung der physikalischen Größe in einen digitalen Meßwert ist unvollständig, so daß, wenn auch geringfügige, Abweichungen zwischen dem verarbeitbaren Meßwert und der dadurch quantifizierten physikalischen Größe entstehen. Die Parameter der Übertragungsfunktion (Zusammenhang zwischen physikalischer Größe und digitalem Meßwert), die im Fehlermodell abgelegt sind, können zeitabhängig sein, so daß sie von Zeit zu Zeit kompensiert werden können.

Bei der Bestimmung der Position und der Orientierung des Fahrzeuges 16 können auch viele schnell aufeinanderfolgende Messungen mit dem oder den Sensoren 23, 32 auf die jeweilige Referenzfläche 26 durchgeführt werden. Hierbei entsteht eine Meßdatenreihe, die zur Auswertung linearisiert wird. Die Länge dieser Meßreihe (Meßbasis) ist zusammen mit der Meßgenauigkeit des Sensors 23, 32 für die Qualität der Messung der Winkelabweichung und damit für die Bestimmung der Orientierungsabweichung des Fahrzeuges 16 entscheidend.

Zusätzlich zu der zuvor beschriebenen Bestimmung der Position und Orientierung mittels vieler, schnell aufeinanderfolgender Messungen des Sensors kann eine dritte Koordinate der Fahrzeugposition dadurch ermittelt werden, daß die Messungen vor Beginn der Referenzfläche starten (Fig. 7). Das Fahrzeug 16 bewegt sich in X-Richtung. Der Sensor 32 sendet, noch bevor der Stützpunkt 26b erreicht ist, Meßsignale aus, die aber wegen Fehlens des Stützpunktes 26b nicht reflektiert werden. Im X-Y-Koordinatensystem ergibt sich dadurch der Kurvenabschnitt 27. Er verläuft parallel zur X-Koordinate und hat die Steigung 0. Der Stützpunkt 26b ist schräg zur Fahrtrichtung X angeordnet. Als Bezugspunkt dient — im Gegensatz zu den vorigen Ausführungsbeispielen — nicht nur eine Fläche, sondern zusätzlich eine Kante 28 des Stützpunktes. Sobald der vom Sensor 32 in X-Richtung ausgesandte Meßstrahl die Bezugskante 28 erfaßt, wird ein auswertbares Signal detektiert. Im X-Y-Koordinatensystem ergibt sich der Kurvenabschnitt 29, der gegenüber dem Kurvenabschnitt 27 verhältnismäßig steil abfällt. Kurz nach Meßbeginn ergibt sich dann der Kurvenabschnitt 30, dessen Steigung der Neigung c der dem Fahrzeug 16 zugewandten Stirnseite 31 des Stützpunktes 26b in bezug auf die Fahrtrichtung x entspricht.

In Y-Richtung wird der Abstand des Sensors 32 und damit des Fahrzeuges 16 vom Stützpunkt 26b ermittelt. Zur Bestimmung der Lageabweichung in X-Richtung wird die aktuelle Fahrzeuglage sowie der Übergang zwischen den Kurvenabschnitten 29 und 30 benutzt.

Damit das Fahrzeug 16 unterschiedliche Routen fah-

ren kann, beispielsweise mit Hilfe einer CAD-Umgebung ein Grundriß des Einsatzgebietes des Fahrzeuges erzeugt oder verändert werden kann. Hierin sind die virtuellen Fahrwege, Lastübergabestationen und die Stützpunkte 26, 26a, 26b zur Lagebestimmung gespeichert. Im Fahrzeugleitsystem können automatisch Fahrprogramme für das Fahrzeug 16 erzeugt werden. Diese Daten werden über eine Infrarot-Datenübertragungsstrecke vom Fahrzeugleitsystem zum Fahrzeug 16 übertragen. Über diese Infrarot-Datenübertragungsstrecke können auch Aufträge an das Fahrzeug 16 gerichtet und Statusmeldungen vom Fahrzeug empfangen werden. Auf dem Fahrzeug 16 werden die Fahrprogramme verwaltet. Sie können gespeichert, gelöscht und ausgeführt werden.

Es ist aber auch möglich, das Fahrzeug 16 ohne einen Leitreechner zu betreiben. In diesem Falle kann das Fahrprogramm fest in einem statischen Speicher des Fahrzeuges 16 abgelegt sein. Die Fahrprogramme können aber auch aus dem auf dem Fahrzeug abgelegten Modell der Umgebung erzeugt werden.

Das Fahrzeug benötigt keine Leitlinie, sondern kann anhand des eingegebenen Fahrprogrammes selbsttätig an den gewünschten Einsatzort fahren. Während der Fahrt erfolgen die beschriebenen Messungen, um sicherzustellen, daß das Fahrzeug 16 vom Ausgangsort zum Zielort gelangt.

Werden bei der Bestimmung der Position und der Orientierung an den Stützpunkten Flächen als Bezugspunkte verwendet, können als Sensoren 23 Ultraschallsensoren eingesetzt werden, deren Meßstrahl eine gewisse Breite hat. Werden jedoch, wie beispielhaft anhand von Fig. 7 erläutert worden ist, Kanten am Stützpunkt als Bezugspunkt herangezogen, dann sind Ultraschallsensoren zur Abstandsmessung nicht zweckmäßig. In diesem Fall werden vorteilhaft solche Sensoren eingesetzt, die einen sehr scharf gebündelten Meßstrahl erzeugen, wie beispielsweise Infrarotsensoren. Solche Kanten könnten beispielsweise auch an Durchbrüchen, Fenstern und dgl. an Maschinengehäusen, Türen, Schränken oder dgl. als Bezugspunkte herangezogen werden.

Die Sensoren 32 können auch zum Andocken des Fahrzeuges 16 beispielsweise an einen Lagerplatz, an eine Übergabestelle oder dgl. benutzt werden. Dabei führt der Sensor 32 das Fahrzeug 16 durch entsprechende Messung exakt an die gewünschte Stelle heran. Vorzugsweise sind solche Sensoren 32 Infrarotsensoren, da das Andocken eine sehr genaue Messung erfordert.

Darüber hinaus kann das Fahrzeug 16 mit Überwachungssensoren 33 ausgestattet sein, die bei der Fahrt des Fahrzeuges überwachen, ob sich im Fahrweg Hindernisse befinden. Beispielsweise sind diese Überwachungssensoren durch Ultraschallsensoren gebildet.

Für die beschriebenen Stützmessungen können auch alternative Sensoren, z. B. Magnetmarken, optische oder induktive Marken oder Linien, eingesetzt werden. Die Prinzipien der Stützmessungen bleiben hierbei aber unverändert. Lediglich die entsprechenden Parameter müssen an diese alternativen Sensoren angepaßt werden.

Mit den beschriebenen Einrichtungen besteht zu jedem Zeitpunkt eine genaue Kenntnis über die Lage des Fahrzeuges im Raum bzw. in der Ebene. Da die Lage des Ausgangspunktes des Fahrzeuges in der Ebene bekannt ist, ist durch die während der Fahrt des Fahrzeuges 16 ständig berechneten Positionierungs- und Orientierungswerte sichergestellt, daß die Lage und Orientie-

rung des Fahrzeuges in der Ebene jederzeit bekannt ist.

Die beschriebenen Einrichtungen sind für fahrerlose Transportsysteme, für Reinigungsroboter, für Service-roboter oder für andere mobile Roboter geeignet, wie z. B. für Asphalt sägen, Erkundungs- und/oder Überwachungsfahrzeuge und dgl. Auch Gabelstapler und Manipulatoren können mit einem solchen Lageerfassungsmodul 1 ausgerüstet werden. Darüber hinaus können auch andere bemannte Fahrzeuge zur Unterstützung des Fahrers oder zur Information des Leitsystems mit diesem Lageerfassungsmodul 1 ausgestattet werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ist-Lage-Erfassung von landgebundenen Fahrzeugen, insbesondere von mobilen autonomen Robotern, von Gabelstaplern und dgl., bei dem die Ist-Lage des Fahrzeuges während der Fahrt durch koppelnde Verfahren erfaßt wird; dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine Stütz-messung durchgeführt wird, bei der die Abweichung der durch koppelnde Verfahren bestimmten Ist-Lage des Fahrzeuges (16) anhand raumfester, in ihrer Lage bekannter Stützpunkte (26, 26a, 26b) ermittelt wird, daß aufgrund dieser Abweichungen die Ist-Lage korrigiert wird, und daß dieser korrigierte Wert zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung gestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der korrigierte Wert zur Steuerung oder Regelung des Fahrzeuges (16) herangezogen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der korrigierte Wert zur Information, beispielsweise zur Anzeige in einem Display, benutzt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Lageabweichung des Fahrzeuges (16) aus einzelnen Messungen auf eine Referenzfläche des Stützpunktes (26, 26a, 26b) bestimmt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bestimmung der Orientierungsabweichung (Winkel-lageabweichung) des Fahrzeuges (16) an mit Abstand voneinander liegenden Stellen der Referenzfläche des Stützpunktes (26, 26a, 26b) zwei Abstandsmessungen durchgeführt werden.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß gleichzeitig zwei Abstandsmessungen zu derselben Referenzfläche des Stützpunktes (26, 26a, 26b) durchgeführt werden, wobei als Meßbasis (a) der Abstand zwischen zwei in Längsrichtung des Fahrzeuges (16) vorgesehenen Meßelementen (23) herangezogen wird.
7. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Abstandsmessungen in einem zeitlichen und damit örtlichen Abstand durchgeführt werden, wobei als Meßbasis der zwischen den beiden Messungen zurückgelegte Weg des Fahrzeuges (16) herangezogen wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß nach jeder Abstandsmessung die durch die koppelnden Verfahren bestimmte Ist-Lage des Fahrzeuges (16) entsprechend korrigiert wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß viele, schnell aufein-

anderfolgende Messungen auf eine Referenzfläche des Stützpunktes (26, 26a, 26b) durchgeführt werden, und daß die aufgenommene Meßdatenreihe linearisiert wird.

10. Lageerfassungssystem zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9, mit mindestens einem Lagekoppelungselement zur koppelnden Bestimmung der Fahrzeuglage und mit mindestens einem Lagestützungselement, mit dem die Lage des Fahrzeuges relativ zur Umgebung vermessen wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Lagekoppelungselement (2) und das Lagestützungselement (3) in einem Lageerfassungsmodul (1) zusammengefaßt sind, das wenigstens eine Schnittstelle (9) für die Ausgabe des korrigierten Wertes, mindestens eine zweite Schnittstelle (10) für Initialisierungsdaten, mindestens eine dritte Schnittstelle (4) für die Lageerfassungssensorik und mindestens eine vierte Schnittstelle (15) für die Umgebungssensorik (23, 32) aufweist.

11. Lageerfassungssystem nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Lageerfassungsmodul (1) an eine übergeordnete Ablaufsteuerung angeschlossen ist.

12. Lageerfassungssystem nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Lageerfassungsmodul (1) an ein Display, einen Datenübertrager zu einem Leitrechner und dgl. angeschlossen ist.

13. Lageerfassungssystem nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Lagestützungselement (3) dem Lagekoppelungselement (2) übergeordnet ist.

14. Lageerfassungssystem nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Lageerfassungssensorik mindestens ein Odometer aufweist.

15. Lageerfassungssystem nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Lageerfassungssensorik mindestens einen Wendekreis oder mindestens einen integrierenden Wendekreis aufweist.

16. Lageerfassungssystem nach einem der Ansprüche 10 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Umgebungssensorik mindestens einen Ultraschallsensor (23) aufweist.

17. Lageerfassungssystem nach einem der Ansprüche 10 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Umgebungssensorik mindestens einen Infrarotsensor (32) aufweist.

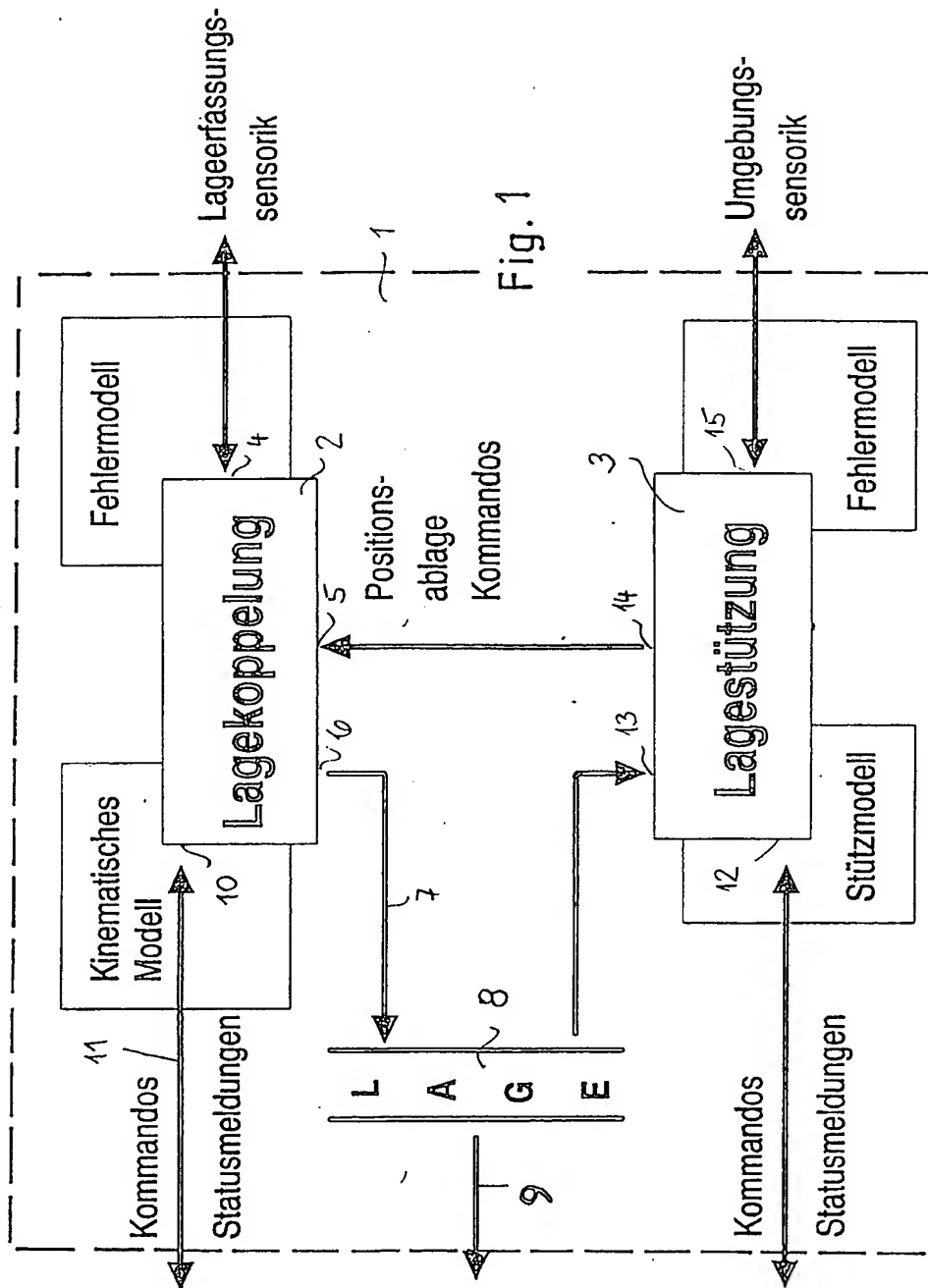
18. Lageerfassungssystem nach einem der Ansprüche 10 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß das Lagekoppelungselement (2) und das Lagestützungselement (3) jeweils mindestens ein Fehlermodell für die eingesetzten Sensoren (23, 32) der Lageerfassungssensorik bzw. der Umgebungssensorik aufweist.

19. Lageerfassungssystem nach einem der Ansprüche 10 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Lagekoppelungselement (2) mindestens ein kinematisches Modell enthält, in dem die Art der Fahrzeugkinematik und deren Eigenschaften beschrieben sind.

20. Lageerfassungssystem nach einem der Ansprüche 10 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß das Lagestützungselement (3) mindestens ein Stützmodell enthält, in dem die Positionen und die Eigenschaften der Stützpunkte (26, 26a, 26b) beschrieben sind.

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -



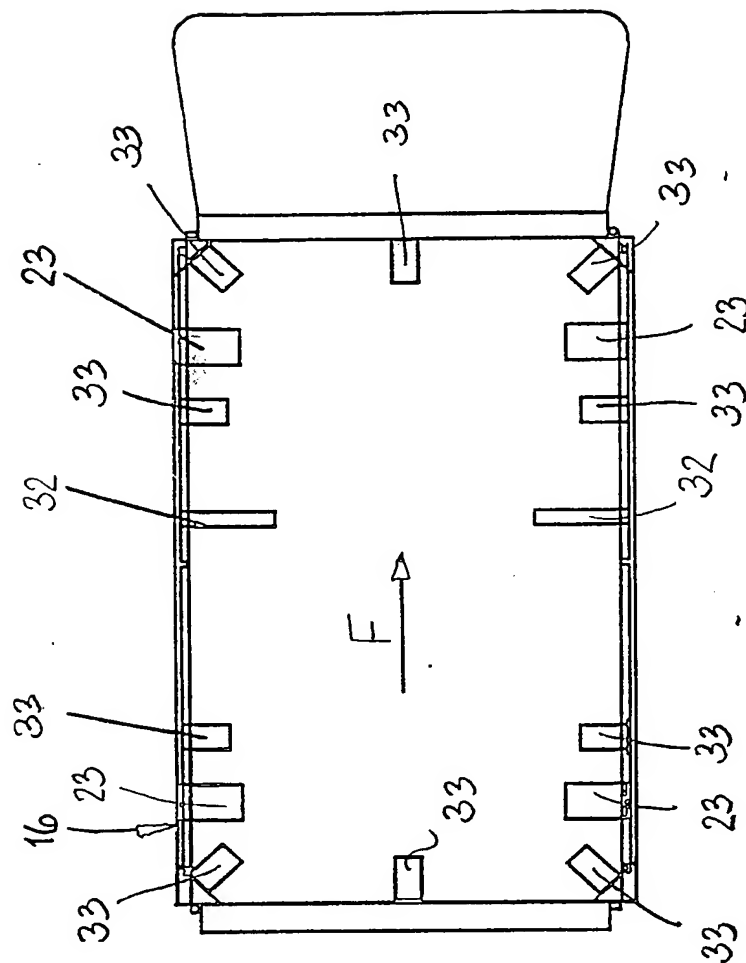


Fig. 2

Fig. 3

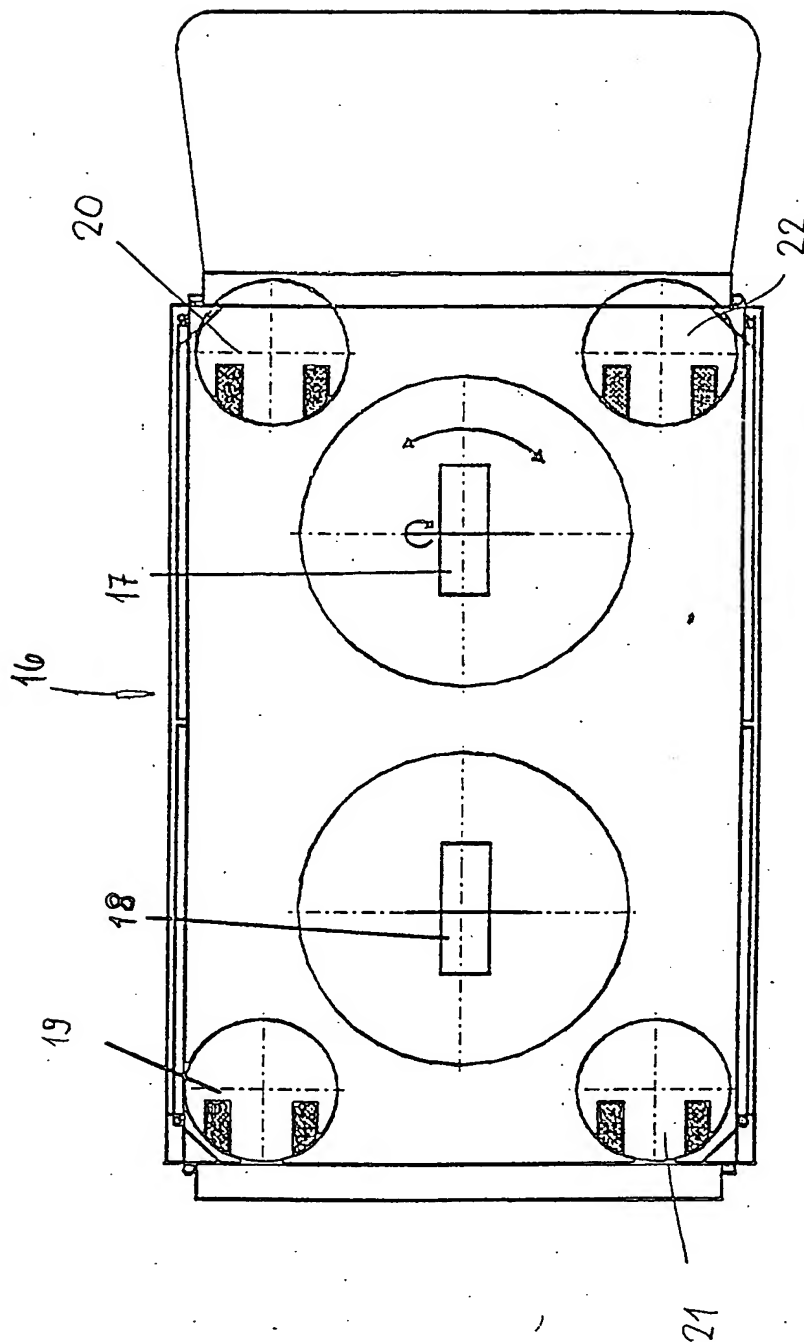
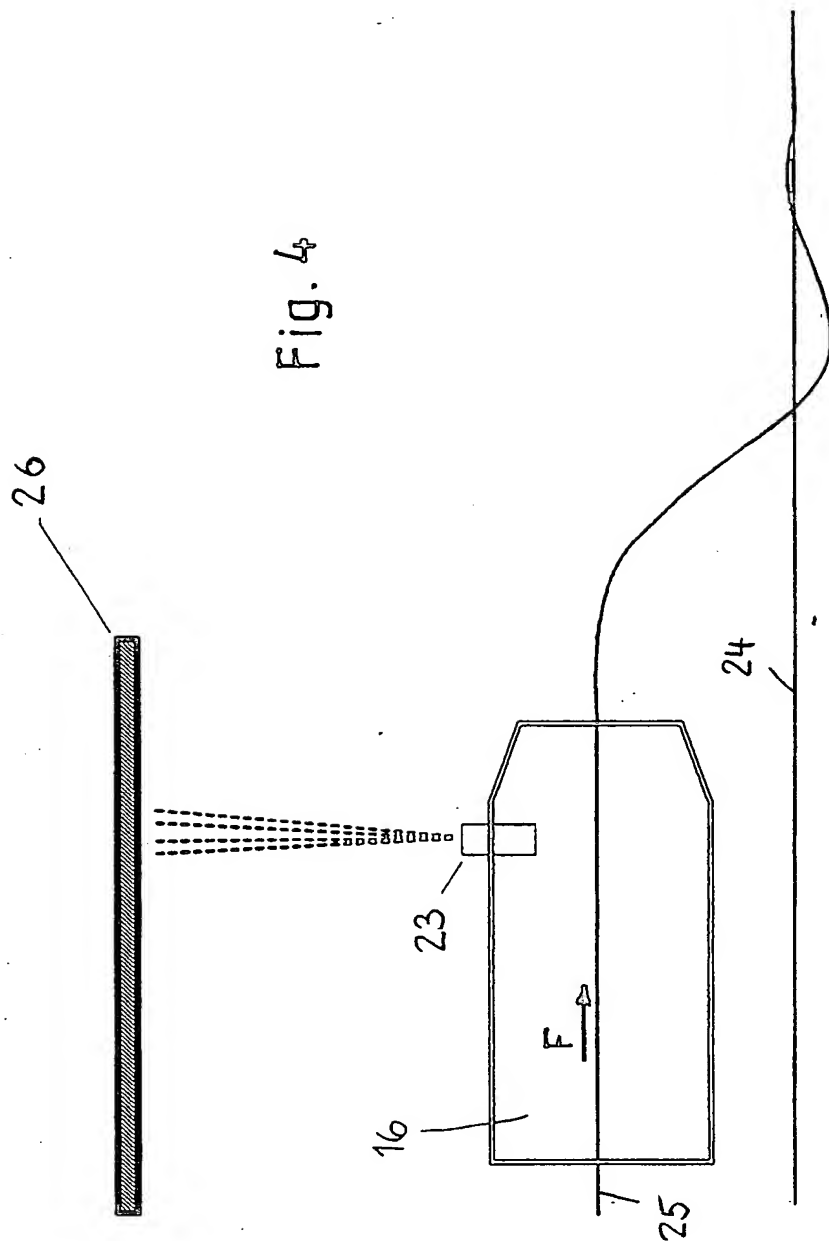


Fig. 4



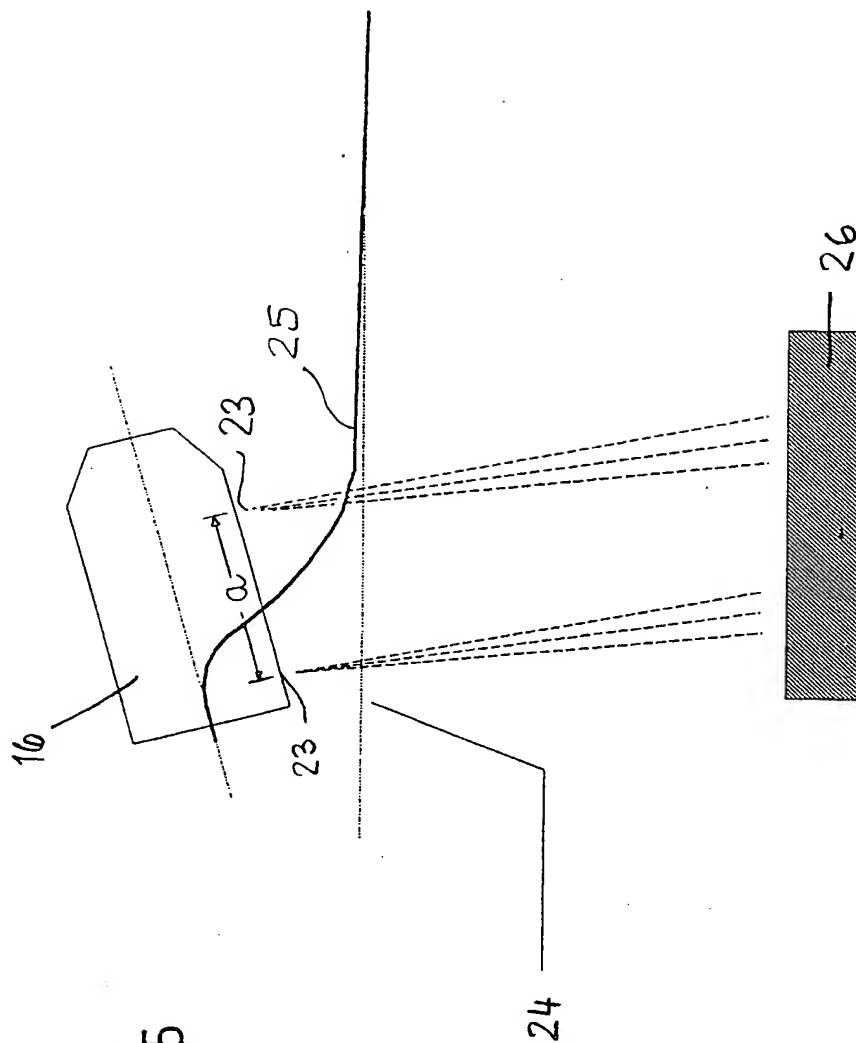


Fig. 5

6. 19. 11

